



AGRO-ECOLOGIE ET DEVELOPPEMENT DURABLE

Marc Dufumier *

*Professeur d'agriculture comparée et développement agricole

AgroParisTech

dufumier@agroparistech.fr

Résumé — De façon à répondre aux exigences d'économies d'échelle manifestées par les grandes firmes semencières et agroindustrielles, nombreuses ont été les agricultures ayant connu récemment des évolutions non compatibles avec les exigences du développement durable, tant par la dégradation des agro-écosystèmes qu'elles induisent, que par le primat des logiques de concentration foncière et de sous-emploi qui les sous-tendent. Les systèmes de production inspirés des principes de l'agro-écologie peuvent constituer une alternative à ces conceptions agroindustrielles et latifundiaires, tout en permettant de satisfaire les besoins chaque jour plus diversifiés d'une population mondiale sans cesse croissante.

Mots clés : agro-écologie, agro-écosystèmes, développement durable, agriculture paysanne, réformes agraires

AGROECOLOGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract: In order to meet economy of scale demands made by large seed and agroindustrial companies, many areas of agriculture have recently evolved in ways which are incompatible with sustainable development, both in terms of damage to agroecosystems and by the continued belief in principles of land concentration and underuse. Farming systems based on agroecology can provide an alternative to these agroindustrial and large-estate approaches, while at the same time satisfying the many needs of a constantly growing world population.

Key words: agroecology, agroecosystems, sustainable development, small-scale farming, agrarian reform

(find the English version of the paper page 12)

I- Le défi alimentaire

La sécurité alimentaire reste encore une préoccupation essentielle de très nombreuses familles dans le monde. Si ce vocable recouvre la sécurité sanitaire des aliments dans maints pays du Nord, il n'en est pas encore de même dans les pays du Sud où les familles les plus pauvres sont davantage préoccupées par l'acquisition des calories, protéines et lipides alimentaires, qui leur sont nécessaires pour ne pas avoir faim ni souffrir de malnutrition.

Notre planète compte déjà plus de 6,8 milliards d'humains et plus d'un milliard de personnes n'ont pas accès tous les jours aux 2200 kilocalories dont elles auraient besoin pour ne pas souffrir de sous-alimentation (FAO 2010). Nous serons sans doute un peu plus de 9 milliards d'habitants en 2050 et la souhaitable élévation du niveau de vie des plus pauvres risque d'aller de pair avec une consommation accrue de produits animaux (lait, œufs et viandes) dont la fourniture va exiger une augmentation encore plus rapide des productions de céréales, tubercules, protéagineux et fourrages grossiers¹. À quoi s'ajoute d'ores et déjà une demande croissante en agro-carburants et en matières premières d'origine agricole de la part des autres secteurs de l'économie (transports, construction, textile, pharmacie, parfums, etc.). L'agriculture va donc être de plus en plus sollicitée dans les années à venir et il nous faut raisonnablement envisager un doublement de la production végétale mondiale (céréales, protéagineux, oléagineux, canne et betterave à sucre, plantes à fibres, etc.) d'ici 2050 (Siwa Msangi, 2008).

Mais plus que le manque de disponibilités alimentaires à l'échelle mondiale, c'est la pauvreté qui explique en premier lieu pourquoi tant de personnes souffrent encore de la faim ou de la malnutrition dans le monde². Alors même qu'une part croissante des productions végétales est vendue sur des marchés solvables pour alimenter des animaux ou produire des agro-carburants, les populations les plus pauvres ne parviennent toujours pas à en acheter pour leur alimentation. Celles-ci sont pour les deux tiers des paysans du Sud dont les bas revenus ne leur permettent plus d'acheter suffisamment de nourriture ou de s'équiper correctement pour produire par eux-mêmes de quoi manger. Le dernier tiers est constitué de familles qui ont quitté prématurément la campagne, faute d'y être restées compétitives, et qui ont donc rejoint prématurément les bidonvilles des grandes cités sans pouvoir trouver dans celles-ci les emplois espérés.

¹ Il faut environ entre 3 et 10 calories végétales pour produire une calorie animale

² On considère que pour nourrir correctement l'ensemble de l'humanité, il faudrait une production annuelle d'environ 200 kilogrammes de céréales par habitant ou leur équivalent en racines, tubercules, et autres plantes amylacées. Or la production mondiale est d'ores et déjà de 330 kilogrammes.

La pauvreté des campagnes alimente un exode rural de plus en plus massif, alors même que les industries les plus modernes ne procurent que de trop rares emplois. Sauf exceptions, les phénomènes de délinquance et d'insécurité qui résultent de la paupérisation et du chômage dans les villes n'incitent guère les entrepreneurs à y investir des capitaux et y créer des emplois. Nombreux sont alors les paysans qui optent pour migrer vers les dernières forêts primaires du monde et y défricher gratuitement de nouveaux terrains, au risque de mettre en péril des pans entiers de la biodiversité mondiale. Quant aux plus « fortunés » qui parviennent à payer des « passeurs » et tentent tant bien que mal de migrer clandestinement vers le Nord, ils risquent d'être brutalement refoulés et d'être à l'origine de fortes tensions internationales, car la circulation des personnes sur le marché mondial n'est pas aussi "libre" que celle des marchandises ou des capitaux. Comment pourrait-on alors raisonnablement envisager un développement durable qui ne soit pas d'abord fondé sur la liberté des paysans de vivre et travailler dignement dans leurs régions d'origine ?

Le problème est que les paysans du Sud dont l'outillage est encore trop souvent exclusivement manuel ne parviennent que difficilement à résister à la concurrence des grandes exploitations agricoles moto-mécanisées du Nord, de l'Argentine ou du Brésil, dont la productivité du travail est plus de deux cents fois supérieure à la leur (Dufumier M. 1996). La question alimentaire ne sera donc finalement résolue que si les paysanneries du Sud parviennent à sortir de leur pauvreté en augmentant leur propre productivité, de façon à pouvoir produire ou acquérir suffisamment de nourriture, acheter les autres biens de consommation de première nécessité et acquérir les équipements les plus favorables à la mise en œuvre de systèmes de culture et d'élevage durables dans leurs propres unités de production.

II- Le défi d'une agriculture plus durable

Le défi sera de parvenir au doublement de la production alimentaire végétale et d'assurer des emplois suffisamment rémunérateurs dans les campagnes du Sud, en moins de 4 décennies, tout en reconnaissant le caractère multifonctionnel de l'agriculture à laquelle il est aussi demandé de s'adapter au probable réchauffement climatique, de diminuer autant que possible les émissions de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote), de séquestrer du carbone dans la biomasse et les sols, de bâtir des paysages harmonieux et de respecter le cadre de vie des populations rurales et urbaines environnantes. À quoi s'ajoute aussi l'exigence de ne pas sacrifier à plus ou moins long terme les potentialités productives (la "fertilité") des écosystèmes cultivés et pâturés, au nom de la satisfaction des besoins immédiats. Il conviendra en particulier de bien préserver le taux d'humus dans les sols et d'éviter, autant que faire se peut, leur érosion, leur compaction et leur salinisation. De même faudra-t-il éviter les risques de prolifération intempestive de prédateurs ou agents pathogènes nuisibles aux plantes cultivées et aux troupeaux domestiques.

Or on sait que bien des formes d'agricultures pratiquées jusqu'à présent, au Sud comme au Nord, sont dénoncées pour leurs atteintes à l'environnement. De façon à rester compétitifs dans la concurrence mondiale et répondre aux exigences des firmes agroindustrielles,

nombreux ont été en effet les agriculteurs qui ont spécialisé et mécanisé exagérément leurs systèmes de culture et d'élevage, de façon à produire massivement un nombre trop limité de produits standards, avec pour effet de fragiliser les agro-écosystèmes et d'occasionner de très nombreuses externalités négatives :

- la déforestation et la perte de biodiversité qui résultent de l'élargissement inconsidéré des surfaces cultivées ou pâturées, aux dépens des écosystèmes *naturels* ;
- l'abaissement des nappes phréatiques du fait du pompage souvent exagéré des eaux de surface et souterraines pour les besoins de l'irrigation, de l'abreuvement des troupeaux et de l'entretien des bâtiments d'élevage³ ;
- la propagation involontaire de maladies ou de parasites véhiculés par certaines eaux d'irrigation (bilharziose, paludisme, etc.) ;
- la pollution des aliments, de l'air, des eaux et des sols, par les engrais, les produits phytosanitaires et les hormones de croissance ;
- le recours inconsidéré aux énergies fossiles (produits pétroliers et gaz naturel) pour le fonctionnement des tracteurs et autres engins motorisés (moissonneuses-batteuses, motopompes, ensileuses, broyeurs divers, etc.) ainsi que pour la fabrication des engrais azotés de synthèse (urée, nitrates d'ammonium, etc.) ;
- les émissions croissantes de gaz à effet de serre : gaz carbonique produit par la combustion des carburants, méthane issu de la rumination de nombreux herbivores, protoxyde d'azote dégagé lors de l'épandage des engrais azotés, etc. ;
- la prolifération d'insectes prédateurs résistants aux pesticides, la multiplication d'herbes adventices dont les cycles de développement sont apparentés à ceux des plantes trop fréquemment cultivées (sans véritable rotation) ;
- l'épuisement des sols en certains oligo-éléments, la salinisation des terrains mal irrigués et insuffisamment drainés,
- la moindre qualité gustative, nutritionnelle et sanitaire, de certains aliments
- etc.

À noter aussi le fait que depuis quelques années déjà, les rendements céréaliers moyens dans le monde n'augmentent plus dans les mêmes proportions et tendent même parfois à baisser (INRA et CIRAD 2009, Griffon M. 2006).

III- Les errements du passé : spécialisation et économies d'échelle

Depuis un peu plus d'un siècle dans les pays du Nord et une cinquantaine d'années dans les pays du Sud, les spécialistes de "l'amélioration" végétale et animale ont entrepris de ne sélectionner qu'un nombre limité de variétés végétales et de reproducteurs animaux en fonction de critères relativement standards et universels : capacité des plantes de bien intercepter les rayons du soleil pour les besoins de la photosynthèse, résistance à la verse,

³ A l'échelle mondiale, l'agriculture consommerait actuellement 70 % environ de nos besoins en eau

insensibilité au photopériodisme, homogénéité des gabarits et des compositions chimiques des produits destinés à être travaillés à la chaîne dans les industries agricoles et alimentaires, etc. Mais de façon à rentabiliser au plus vite les investissements réalisés dans la sélection génétique, il a fallu ensuite bien souvent créer les conditions nécessaires à leur utilisation à grande échelle, dans un maximum de régions, au prix d'une simplification considérable des écosystèmes. Là où la sélection massale contribuait autrefois à sélectionner des variétés et des races appropriées aux divers environnements, il convient désormais d'adapter les agro-écosystèmes à un faible nombre de cultivars et de races animales, au risque de les simplifier et de les fragiliser à l'extrême.

Soucieux d'accroître sans cesse le retour sur investissement des capitaux immobilisés au sein de leurs exploitations, les agriculteurs n'ont presque toujours développé qu'un nombre limité de systèmes de culture et d'élevage, de façon à amortir au plus vite leurs équipements et à bénéficier d'un maximum d'économies d'échelle. Ainsi en a-t-il été tout particulièrement dans les latifundiums d'Amérique latine et d'Afrique australe : plantations d'agrumes ou de canne à sucre intégrées à de puissants complexes agro-industriels, immenses bananeraies sous l'emprise de quelques compagnies multinationales, gigantesques *fazendas* ou *haciendas* d'élevage extensif, etc. (Picone C. and Van Tassel D. 2002). Au cœur de la pampa argentine et des anciennes savanes du Goiás et du Mato Grosso (Brésil), les gérants des grandes exploitations dédiées aux seules cultures de maïs et de soja font de plus en plus appel à de puissants engins motorisés et à de multiples intrants manufacturés (engrais de synthèse, herbicides, produits phytosanitaires, etc.), en substitution à la main-d'œuvre salariée. Le passage répété des tracteurs et engins à disques n'a pas été sans provoquer le tassement des terrains, l'apparition de semelles de labour et l'érosion accélérée des sols trop fréquemment travaillés. La technique du semis direct sur couverture végétale permanente s'est imposée depuis peu, grâce à des épandages de glyphosate et à l'emploi de cultivars transgéniques ; mais s'il est vrai qu'elle assure une bien meilleure protection des sols, cette technique qui évite de labourer trop souvent les terrains n'en resterait pas moins dangereuse pour l'environnement. Les épandages répétés de l'herbicide se traduiraient déjà par l'invasion d'une herbe adventice résistante (le sorgho d'Alep) et une infestation des cultures par la rouille asiatique⁴ (Pengue W.A. 2005).

La spécialisation rapide des systèmes de production agricole est allée très souvent de pair avec une séparation prononcée de l'agriculture et de l'élevage. Moins nombreux sont désormais les agriculteurs qui pratiquent conjointement les deux types d'activités dans leurs exploitations et plus rares sont aussi les régions du monde qui les associent encore étroitement. Ainsi les agriculteurs de Bretagne (France) ont-ils pour la plupart renoncé à cultiver des céréales et des plantes industrielles pour se consacrer surtout à l'élevage intensif

⁴ *Phakopsora pachyrhizi*

de vaches laitières, à celui de poulets “hors sols” et à l’engraissement de porcs en espaces confinés. Fortement consommateurs de soja importé des États-Unis, du Brésil ou d’Argentine, les animaux y sont devenus tellement nombreux et concentrés que se pose désormais la question du devenir des effluents d’élevage. Faute de pailles disponibles en quantités suffisantes, les bovins et les porcins sont élevés directement sur caillebotis, sans aucune litière, et il n’est plus possible pour les éleveurs bretons de produire du fumier par eux-mêmes. Pour moins polluer les nappes phréatiques, dont les taux de nitrates dépassent déjà les normes prescrites au niveau européen, il est désormais nécessaire de financer des infrastructures destinées à épurer les eaux chargées d’effluents. La situation est totalement inverse dans le Bassin parisien où les céréaliculteurs ne pratiquent plus l’élevage, ne cultivent plus guère de légumineuses et ne disposent plus de fumier ni compost. Privés de tout azote organique, ces exploitants sont contraints d’épandre des engrais azotés de synthèse (urée et ammonitrates dont la production est coûteuse en énergie fossile), au risque de contribuer eux aussi à la pollution des nappes souterraines (Tourné J. et *al.* 2007) et à l’émission de protoxyde d’azote. Privés d’humus, les sols subissent une perte de stabilité structurale et deviennent plus sensibles à l’érosion. Ne conviendrait-il pas alors d’envisager de réassocier l’agriculture et l’élevage dans chacune de ces deux régions avec une la gestion conjointe des cycles du carbone et de l’azote en “circuit court”, grâce à un meilleur recyclage des résidus de cultures et des effluents d’élevage ?

Mais force est de reconnaître que les recherches agronomiques menées actuellement au Nord comme au Sud se situent encore trop exclusivement dans le seul paradigme de “l’amélioration” variétale et de l’ingénierie génétique ; elles ne sont que très peu inspirées de l’agro-écologie et de la biologie intégrative. De même peut-on souligner le peu d’attention portée, dans le champ des sciences sociales, aux recherches destinées à rendre plus intelligibles les conditions dans lesquelles les différentes catégories d’exploitants ont su elles-mêmes procéder à de nombreuses innovations et n’ont pas nécessairement intérêt aujourd’hui à avoir recours aux mêmes techniques agricoles.

IV- L’agro-écologie pour un développement durable

Du point de vue strictement technique, force est pourtant de reconnaître qu’il existe d’ores et déjà des systèmes de production agricole capables d’accroître les productions à l’hectare, tant dans les pays du Sud que ceux du Nord, sans coût majeur en énergie fossile ni recours exagéré aux engrais de synthèse et produits phytosanitaires (Altieri A.M. 1986, Dufumier M. 2009) : association de diverses espèces et variétés rustiques dans un même champ de façon à intercepter au mieux l’énergie lumineuse disponible et transformer celle-ci en calories alimentaires par le biais de la photosynthèse, intégration de légumineuses dans les rotations de façon à utiliser l’azote de l’air pour la synthèse des protéines et la fertilisation des sols, implantation ou maintien d’arbres d’ombrage ou de haies vives pour protéger les cultures des grands vents et héberger de nombreux insectes pollinisateurs, association de l’élevage à l’agriculture, utilisation de bois raméaux fragmentés pour l’implantation de mycorhizes,

valorisation fourragère des sous-produits de cultures, fertilisation organique des sols grâce aux fumiers et composts, etc.

Ces systèmes de production inspirés des principes de l'agro-écologie reposent sur la gestion en circuit court des cycles du carbone, de l'azote et des éléments minéraux : couverture maximale des sols par la biomasse végétale pour les besoins de la photosynthèse, utilisation des résidus de culture pour l'affouragement des animaux, recours aux déjections animales pour la fabrication du fumier et des composts destinés à la fertilisation des sols, remontée biologique des minéraux issus de la désagrégation des roches mères vers les couches arables, régulation des cycles de reproduction des insectes ravageurs, maintien d'une grande biodiversité domestique et spontanée, etc. Ils ne doivent surtout pas être qualifiés d'"extensifs" dans la mesure où ils font souvent un usage intensif des ressources naturelles renouvelables (l'énergie lumineuse, le carbone et l'azote de l'air, les eaux pluviales, etc.) et n'excluent pas l'obtention de rendements élevés à l'hectare. Mais ils font par contre un usage très limité des ressources non renouvelables (énergie fossile, eaux souterraines, mines de phosphate, etc.) et des intrants chimiques (engrais de synthèse, produits phytosanitaires, antibiotiques, etc.).

Ces systèmes exigent par ailleurs un travail plus intense et plus soigné que ceux inspirés de l'actuelle production agroindustrielle et peuvent donc être à l'origine de la création de nombreux emplois, pour peu que les aides accordées aux agriculteurs soient accordées préférentiellement aux paysans qui s'engagent à les mettre en œuvre, plutôt que de favoriser l'agrandissement inconsidéré d'exploitations surdimensionnées. Ces systèmes intensifs en travail sont particulièrement intéressants lorsque prévalent des situations de chômage chronique, avec un coût d'opportunité de la force de travail proche de zéro pour l'ensemble de la collectivité⁵, quitte à envisager parfois la transformation des produits et sous-produits au sein même des exploitations ou au plus près des fermes, avec une attention particulière aux moyens d'éviter les pertes post-récolte ou post abattage.

La question est alors de savoir en fonction de quels critères devraient être désormais conçues et mises en œuvre les recherches agronomiques et les interventions en appui à chacune d'entre elles. Les ingénieurs agronomes ne devraient-ils pas prendre davantage en considération les multiples interactions entre processus biochimiques au sein même des agro-écosystèmes ? Plutôt que de vouloir sans cesse élaborer de prétendues "améliorations" en stations expérimentales, toutes choses égales par ailleurs, ne devraient-ils pas en fait rendre plus intelligible le fonctionnement concret des écosystèmes aménagés par les agriculteurs, et expliquer les effets des diverses techniques pratiquées sur les rendements des cultures et les

⁵ L'agriculture est l'un des secteurs d'activités où les prix du marché intérieur reflètent le plus mal les coûts d'opportunités des ressources ne pouvant pas faire l'objet de transactions internationales (main-d'œuvre, terrains, eaux souterraines, etc.).

performances des troupeaux ? Ne leur faudrait-il pas aussi élaborer des modèles prédictifs visant à rendre compte des effets probables des nouvelles techniques mises en œuvre sur le devenir des écosystèmes et la pérennité de leurs potentialités productives ? Pour être plus durable, le développement agricole a surtout besoin de recherches qui soient à la fois plus fondamentales et plus respectueuses des innovations paysannes (IAASTD 2009).

Les ingénieurs agronomes devront donc prendre davantage en considération les conditions socioéconomiques dans lesquelles opèrent les diverses catégories d'agriculteurs, et apprendre à bien repérer leurs intérêts, ainsi que les moyens auxquels ils peuvent effectivement avoir accès. Le défi sera de tout faire désormais pour que les chercheurs spécialisés en génétique, sciences du sol, nutrition animale, défense et protection des cultures, soient aussi capables d'avoir une vision globale et prospective sur les conditions dans lesquelles les divers types d'exploitants agricoles sont exposés à la concurrence sur les marchés internationaux et sur les conséquences de celles-ci en matière de revenus et de devenir des agro-écosystèmes.

Sans doute les recherches menées dans le domaine de l'agro-écologie devront-elles donc associer étroitement les recherches fondamentales sur les interactions entre cycles biochimiques au sein des agro-écosystèmes aux innovations et expérimentations menées en "vraie grandeur" au sein même des exploitations agricoles (Warner K.D. 2007). L'important sera de ne plus considérer l'objet de travail des agriculteurs comme étant réduit à seulement un terrain, une plante ou un troupeau pris isolément, mais comme étant à chaque fois un agro-écosystème complexe dont l'aménagement suppose même souvent des collaborations entre les divers agents économiques à l'échelle d'espaces souvent emboîtés : terroirs, finages villageois, bassins versants, "pays", etc.

Ceci étant, ce sont bien souvent les paysans à la tête d'unités de production familiale qui ont le plus intérêt à diversifier et échelonner leurs activités productives tout au long de l'année de façon à gérer au mieux l'emploi de leur propre main-d'œuvre, en évitant les trop fortes pointes de travail et les périodes de sous-emploi ; et cela va presque toujours de pair avec la mise en place de systèmes associant polyculture et élevages, la mise en œuvre de rotations de cultures et d'assolements diversifiés, le recyclage des résidus de culture et des effluents animaux au sein de leurs fermes, la fabrication de fumier ou de compost, la fertilisation organique des terrains, etc.

V- Promouvoir des conditions socio-économiques favorables à l'agriculture familiale

L'agriculture familiale est une activité fréquemment enracinée dans un "pays". A l'opposé des gérants des grands domaines, les paysans vivent le plus souvent au cœur de leurs unités de production, connaissent bien les particularités de chacune de leurs parcelles et de chacun de leurs troupeaux, sont directement responsables de leurs actes et s'efforcent en permanence de s'adapter aux conditions changeantes de leur environnement écologique et économique. Ils manifestent généralement une fine connaissance de leurs terroirs, fondée sur une longue

accumulation de savoir-faire. Souhaitant transmettre des exploitations en bon état à leurs héritiers, ils veillent à ne pas endommager les potentialités productives de ces dernières.

Le fait que les paysans soient bien souvent capables d'inventer par eux-mêmes des systèmes de production agricole conformes aux exigences du développement durable, ne veut donc pas dire pour autant que leur situation socio-économique soit toujours favorable à cet effet. Les obstacles à l'élévation de la productivité du travail agricole, dans le plus grand respect des potentialités écologiques de l'environnement, ne sont souvent pas tant d'ordre technique que de nature socio-économique ; ils résultent bien plus souvent d'un accès limité aux crédits, de conditions imposées par les entreprises situées en amont ou en aval, de structures agraires injustes, de législations foncières inadéquates et des conditions inégales dans laquelle se manifeste presque toujours la concurrence entre producteurs sur les marchés mondiaux des produits agricoles et alimentaires.

Les conditions économiques et sociales dans lesquelles les agriculteurs exercent leur profession présentent en fait une extrême diversité ; et continuer de prétendre pouvoir mettre au point des techniques standards à destination de paysans dont on ne connaît pas vraiment les contraintes et intérêts spécifiques serait absurde. Aucune technique ne peut être considérée comme "meilleure" dans l'absolu, sans référence aux conditions agro-écologiques et socio-économiques particulières dans lesquelles doivent opérer les diverses catégories d'agriculteurs. Est-on bien sûr, par exemple, qu'"améliorer" un rendement consiste toujours en son accroissement systématique, à n'importe quel coût ?

On ne peut guère, par exemple, apprécier l'efficacité des systèmes de production agricole sans prendre en considération les aléas qui pèsent sur les rendements et les prix, la dépendance éventuelle à l'égard de commerçants usuriers, la plus ou moins grande sécurité des exploitants sur leurs tenures foncières, etc. L'intérêt des paysans pauvres travaillant dans des conditions de grande précarité consiste en effet rarement en la maximisation de l'espérance mathématique de leurs rendements à l'hectare ou de leurs revenus monétaires par jour de travail ; il leur faut plutôt assurer en permanence un revenu minimum et réduire les risques de très mauvaises récoltes, sans devoir emprunter de l'argent auprès des banques ou des commerçants usuriers, quitte à produire par eux-mêmes une part importante de leur alimentation.

Les paysans les plus pauvres de la planète n'ont pas non plus souvent accès aux moyens de production qui leur permettraient d'associer davantage l'élevage aux productions végétales de façon à recycler au mieux leurs résidus de culture, fabriquer du fumier et assurer pleinement la fumure organique des terrains. De même leur manque-t-il cruellement les équipements nécessaires au maniement et au transport des pailles, fourrages, fumiers et composts (Marcel Mazoyer et *al.* 1997) : râtaux, fourches, charrettes, traction animale, bêtes de somme, etc. L'urgence serait de leur permettre d'avoir enfin accès à ces animaux et équipements ; mais pour ce faire, il faudrait de toute urgence résoudre la question de l'inégale répartition des

ressources (terres agricoles, équipements, capital circulant, etc.) et de l'insuffisance dramatique des revenus paysans.

La mise en œuvre des pratiques inspirées de l'agro-écologie suppose aussi que les paysanneries puissent jouir d'une plus grande sécurité foncière, de façon à pouvoir bénéficier des fruits de leurs efforts sur le long terme. Cette sécurité foncière peut être assurée selon des modalités variables, ne passant pas toutes nécessairement par une appropriation privative (souvent le meilleur moyen de priver les paysans pauvres d'un accès à la terre), mais va en tous cas à l'encontre des tendances actuelles au *land grabbing*. Ces dynamiques d'accaparement du foncier sont révélatrices à la fois de la panique de certains États soucieux de garantir leurs approvisionnements agro-alimentaires et de la croyance encore maintenue dans la "supériorité" des exploitations latifundiaires. Mais la sécurité des approvisionnements pourrait être le plus souvent bien mieux assurée via la signature de contrats d'achats avec des producteurs agricoles travaillant pour leur compte et raisonnant en termes de coûts d'opportunité de la main-d'œuvre familiale, plutôt que de miser sur l'extension croissante de très grandes entreprises agricoles capitalistes pilotées par des objectifs de maximisation du taux de profit et de minimisation des coûts salariaux.

VI- Conclusion

Dans la plupart des pays du monde, ce sont les exploitations agricoles paysannes qui sont les plus à même d'héberger les systèmes de production inspirés de l'agro-écologie, et plus généralement les plus conformes aux exigences du développement durable. Sur le plan écologique, le développement de techniques agricoles qui soient à la fois plus productives et plus respectueuses de l'environnement paraît en effet bien plus aisé dans les exploitations agricoles familiales, moins soumises aux impératifs d'économies d'échelle et de réduction des coûts salariaux.

A l'inverse des exploitants capitalistes qui ne travaillent pas directement dans leurs exploitations mais y injectent du capital en vue de maximiser leur profit et en comparaison à d'autres opportunités de placements, les paysans investissent leur force de travail et leur épargne dans les unités de production, d'une part de façon à pouvoir y mieux vivre de leur propre travail, d'autre part en comparant leurs revenus agricoles à ce qu'il leur serait possible d'obtenir en exerçant éventuellement d'autres activités (coûts d'opportunité). L'agriculture paysanne apparaît donc comme la plus à même de réguler les problèmes d'emplois et d'exode rural : Un exploitant familial ne remplacera jamais prématurément sa main-d'œuvre familiale par des machines et n'extensifiera pas davantage son système de production tant que cette main-d'œuvre ne trouvera pas d'opportunités d'emplois plus rémunérateurs en dehors de son exploitation.

En ce sens, l'agro-écologie contribue à reconsidérer la notion même de productivité du travail qui, trop souvent envisagée du seul point de vue des intérêts privés sans prise en compte des coûts sociaux, a longtemps légitimé les visions agroindustrielles et latifundiaires de l'agriculture. Elle va dans le sens d'une toujours plus grande durabilité sociale, en générant

dans les campagnes les emplois que les villes ne peuvent plus guère offrir, permettant ainsi une meilleure régulation de l'exode rural. Les enfants ne renoncent en effet bien souvent à reprendre l'exploitation familiale de leurs parents que s'ils ont l'espoir de trouver un travail mieux rémunéré ou moins pénible à l'extérieur et l'existence d'un chômage chronique en ville peut bien sûr les en dissuader.

Envisager l'essor d'une agriculture paysanne mettant en œuvre des pratiques inspirées de l'agro-écologie ne relève donc pas d'un quelconque passéisme mais résulte au contraire de l'impératif d'assurer le plein emploi et la durabilité des systèmes agro-alimentaires mondiaux. La mise en œuvre de véritables réformes agraires destinées à favoriser l'essor d'une telle agriculture paysanne et durable reste donc bien un impératif majeur dans de nombreux pays.

Références bibliographiques :

- Altieri A. M. : *L'agroécologie. Bases scientifiques d'une agriculture alternative*. Editions Debard ; Paris 1986.
- INRA et CIRAD : *Agrimonde®. Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Paris 2009.
- Dufumier M. : *Agricultures et paysanneries des tiers mondes*. Karthala Paris ; 2004.
- Dufumier M. : « Sécurité alimentaire et développement durable. Repenser l'agronomie et les échanges internationaux », *Futuribles* n° 352, mai 2009, p. 25-42.
- FAO : *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 2010.
- Griffon M. : *Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte*. Édition Odile Jacob; 2006.
- IAASTD: *Agriculture at a crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Global Report*. UNDP ; Washington DC ; 2009.
www.agassessment.org/reports/IAASTD/En
- Mazoyer M. et Roudart L. : *Histoire des agricultures du monde*, éd. du Seuil, Paris ; 1997.
- Pengue W.A.: "Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt." *Bulletin of Technology and Society* 25. 2005.
- Picone C. and Van Tassel D. (2002): "Agriculture and biodiversity loss : Industrial agriculture". *Life on earth: An encyclopaedia of biodiversity, ecology and evolution* (Niles Eldredge ed.). Santa Barbara; California; 2002.
- Siwa Msangi, *Biofuels, food prices and food security*, Expert meeting on global food security, IFPRI, Rome, février 2008.
- Tournebize J., Arlot M-P., Billy C., Birgand F., Gillet J-P. et Dutertre A. (2007) : Quantification et maîtrise des flux de nitrates: de la parcelle drainée au bassin versant. *Ingénieries, Eau, agriculture, territoires*. Numéro spécial sur Azote, phosphore et pesticides. Paris ; 2007
- Warner K.D.: *Agroecology in action Extending alternative agriculture through social networks*. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cambridge ; Massachusetts ; 2007.

I- The food challenge

Food security remains a pressing issue for very many families around the world. While the term generally refers to the sanitary consideration of food (food safety) in developed countries, this is not yet the case in the developing world. For the poorest families in these countries, food security means getting enough calories, proteins and dietary fats to escape hunger and malnutrition.

There are already more than 6.8 billion people on Earth, more than one billion of whom do not have access to the 2200 daily kilocalories needed for proper nutrition (FAO 2010). With the world's population quite likely to exceed 9 billion by 2050, there is the risk that the much-desired improvement in the living standards of the world's poorest populations will be followed by increased consumption of animal produce (milk, eggs and meat) which will require increased production of cereals, tubers, protein crops, roughage, and the like.⁶ Added to that is the growing demand for biofuels and agricultural primary goods from other industries such as construction, textile, pharmaceutical and perfume. The agricultural sector is therefore going to be under increasing pressure over the coming years. The need to double world crop production in cereals, protein plants, oilseeds, sugar crops, fibre plants and the like between now and 2050 must be taken into account (Msangi 2008).

More than insufficient food production, poverty is at the root of most hunger and malnutrition worldwide⁷. While increasing amounts of crop production are sold on the market for animal feed or biofuel, the poorest populations still cannot buy enough to feed themselves. Small farmers in developing countries represent two-thirds of those with inadequate nutrition because their low incomes do not allow them to buy enough food or the correct equipment to produce food themselves. The other third is made up of families who, failing to make ends meet in the countryside, leave for big city slums, where hoped-for jobs fail to materialize.

Rural poverty contributes to a constantly growing exodus from the countryside. At the same time, most modern industries create very little employment. Delinquency and security problems in urban centers, caused by unemployment and poverty, discourage businesses from investing capital and creating jobs in cities. Many farmers therefore choose to migrate to the last remaining primary forests and clear new land for free, thereby putting considerable portions of the world's biodiversity in danger. As for those "fortunate" enough to be able to pay smugglers and attempt to migrate illegally to developed countries, they run the risk of

⁶ Between three and ten vegetable calories are needed to produce one animal calorie.

⁷ In order to correctly satisfy each person's dietary needs, about 200kg of grain per person are needed (or the equivalent in roots, tubers and other starchy plants), whereas current worldwide production stands at 330kg per person.

being abruptly deported. Given that the circulation of people is rather less "free" than the circulation of goods or capital, illegal immigration is often at the center of major international tensions. How can any sort of sustainable development be considered if farmers are not free to live and work decently in their native regions?

The problem is that farmers in developing countries, whose equipment is far too often completely manual, are hardly a match for the motor-powered farms found in the developed world, Argentina or Brazil, where labor productivity is more than two hundred times higher (Dufumier 1996). The food challenge will remain unresolved unless farmers in the developing world are able to escape poverty by increasing productivity, so that they can produce or acquire sufficient food, buy staple goods and equip themselves with the best-suited tools to bring sustainable growing and raising practices to their farms.

II- The challenge for sustainable agriculture

Within the next four decades, the challenge will be to double crop production while ensuring sufficiently well paid jobs in rural areas of the developing world and respecting the multifunctional character of agriculture. Agriculture will also need to adapt to predicted global warming, reduce greenhouse gas emissions (carbon dioxide, methane, nitrous oxide), capture carbon in biomass and soil, create harmonious landscapes, and respect nearby rural and urban lifestyles. Added to this list is the need to protect the longer-term productivity potential –or “fertility”– of the cultivated and pastured ecosystems rather than simply satisfying immediate needs. It is particularly important to preserve soil humus content and to prevent, as much as possible, soil erosion, compaction and salinization. Similarly, we must avoid the proliferation of pests and pathogenic agents which can be harmful to crops and livestock.

However, it is well known that current agricultural practices, both in developed and developing countries, are heavily criticized for their environmental impact. In order to remain globally competitive and to meet with the demands of agroindustrial companies, many farmers have overly specialized or mechanized their cropping and livestock rearing systems, thus producing a very limited range of standard products. This contributes to vulnerable agroecosystems and has a large number of undesirable consequences, including:

- deforestation and loss of biodiversity resulting from the poorly planned extension of cultivated or pastured areas at the expense of “natural” ecosystems;
- falling groundwater levels, often caused by at times excessive pumping of surface and underground water for irrigation purposes, as a drinking source for livestock and for cleaning livestock buildings⁸;

⁸ Agriculture currently consumes 70% of the world’s developed fresh water supplies.

- accidental spread of diseases or parasites, carried by irrigation water (schistosomiasis, malaria, etc.);
- pollution of food, air, water and soil by fertilizers, chemicals and growth hormones;
- excessive use of fossil fuels (oil products and natural gas) for tractors and other motorized vehicles such as combine harvesters, motor-pumps, forage harvesters and crushing machines, as well as for mixing artificial nitrogen fertilizers (urea, ammonium nitrate, etc.);
- increased greenhouse gas emissions: carbon dioxide produced by burning fuels, methane released by herbivore rumination, nitrous oxide released when spreading nitrogen fertilizers;
- increases in the number of pesticide-resistant insect pests and of weeds which mimic the development cycles of common crops grown without rotation;
- exhaustion of certain soil minerals, salinization of poorly irrigated and drained land;
- reduced taste, nutritional value and safety standards of certain foods.

Already for several years now, cereals yields are no longer increasing to the same extent and in some instances even decreasing (INRA and CIRAD 2009, Griffon 2006).

III- Errors of the past: specialization and economies of scale

For the last century or so in the developed world and for the last 50 years in the developing world, researchers seeking to “improve” crop and livestock strains have chosen only a limited number of plant and animal varieties according to relatively codified criteria. Plants had to photosynthesize sunlight well, be resistant to lodging, and have regulated photoperiodic responses. Crops had to be of similar shape and chemical composition for factory processing in the agrifood industry. In the interest of securing a rapid return on research investments, it was often necessary to recreate, in many regions around the world, the optimal conditions needed to grow these strains on a large scale, much to the detriment of local ecosystems. These varieties were chosen based on their ability to be grown in different climates and environments, regardless of the conditions. While mass selection had previously chosen varieties and breeds suited to different environments, it became common to adapt local agroecosystems to a small number of cultivars and animal breeds, at the risk of dangerously simplifying and weakening these ecosystems.

In order to increase the returns on their capital investment and to benefit from economies of scale, farmers often limited their production to a few varieties of crops or livestock. This was especially the case in the large estate holdings of Latin America and southern Africa, where sugar cane and citrus plantations were owned by powerful agro-industrial companies, where large multinational corporations controlled immense banana plantations, and where *fazenda* and *hacienda* cattle ranches used vast tracts of land (Picone and Van Tassel 2002). In the Argentinean pampas and the ancient savannas of Goiás and Mato Grosso in Brazil, managers of large monoculture maize and soya farms are making increasing use of powerful mechanical equipment and manufactured inputs like synthetic fertilizers, herbicides and phytosanitary products instead of a paid workforce. Repeated use of tractors and disk plows has caused

compaction, created plow pans, and accelerated the erosion of overworked soils. The technique of directly seeding on permanent vegetation cover has become more common recently due to glyphosate spreading and the use of transgenic cultivars. Although this technique avoids working the land too often to ensures better soil protection, it is no less dangerous for the environment. Frequent herbicide spraying has already led to the invasion of a resistant weed (Johnson grass) and Asian rust infestation of crops⁹ (Pengue 2005).

Rapid specialization of agricultural production systems has often been accompanied by a pronounced separation between crop-growing and livestock farming. Nowadays, few farmers practice both types of activity on their land, and there are few regions left in the world where the two are still closely linked. For example, farmers in Brittany, France, have largely ceased to cultivate cereals or other crops in favor of intensive farming of milking herds, of battery hens, and of pigs raised in confined batch pens. These animals consume large quantities of soya imported from the USA, Brazil and Argentina, and have become so numerous that dealing with their effluent is now a serious problem. Because straw is not available in sufficient quantities, cows and pigs are raised without litter, directly on slatted floors meaning that farmers in Brittany no longer have direct access to manure. In order to reduce groundwater pollution which already has nitrate levels exceeding European standards, new infrastructure is now needed in order to purify effluent-carrying water. In the Parisian basin the situation is completely the opposite. Cereal farmers there no longer raise animals at all, grow no leguminous crops and no longer have access to manure or compost. Without any organic nitrogen, these farmers have to instead spread synthetic nitrogen-based fertilizers like urea and ammonium nitrates, whose production consumes a lot of energy from fossil fuels, and which can also pollute groundwater (Tournebize *et al.* 2007) and release nitrous oxide. Without humus, soils suffer from a loss of structural stability and become more susceptible to erosion. Would it not be a good idea to consider reassociating crop-growing and livestock farming in these two regions, jointly managing the carbon and nitrogen cycles in a shorter circuit, thanks to better recycling of crop residue and animal effluents?

The fact cannot be ignored that the agronomic research currently being carried out in the developing and developed worlds remains centered on “improving” strains and genetic engineering, with very little consideration given to agroecology or systems biology. Furthermore, in social sciences little attention is paid to research aimed at studying how local conditions have led farmers to innovate and why agroindustrial practices may not be necessary for many farmers.

IV. Agroecology for sustainable development

⁹ *Phakopsora pachyrhizi*

From a strictly technical point of view, it must be recognized that farming systems capable of increasing per-hectare production already exist in developing countries as well as in developed countries. Such systems do not use a lot of fossil fuels nor do they make excessive use of synthetic fertilizers or pesticides (Altieri 1986, Dufumier 2009). These techniques include associating various species and hardy crops varieties in the same field to better intercept available solar energy and to transform it into food calories via photosynthesis, integrating legumes into crop rotations so that atmospheric nitrogen can be used for protein synthesis and soil fertilization, planting and maintaining shade trees or hedgerows to protect crops from winds and to provide shelter for pollinating insects, combining livestock farming with crop-growing, planting mycorrhizae with broken wood branches, using crop by-products as fodder, and fertilizing soil organically using manure and composts.

These farming systems draw from the principles of agroecology and depend upon short-circuit management of carbon and nitrogen cycles and mineral elements. This includes maximizing vegetable biomass soil coverage to take full advantage of photosynthesis, using crop residue for animal feed, using animal waste to make fertilizer and composts for soil fertilization, biological mineral transfer resulting from the breakdown of parent rocks into surface soil, controlling the reproduction cycles of insect pests, and maintaining high levels of domestic and wild biodiversity. Because these systems often entail extensive use of renewable natural resources per-hectare, including sunlight, atmospheric carbon and nitrogen, and rain water, and because they are capable of obtaining high per-hectare yields, they should certainly be regarded as “intensive”. But these systems make very limited use of non-renewable resources such as fossil energy, groundwater and phosphate or chemical inputs like synthetic fertilizer, chemical weed-killers, pesticides or antibiotics.

These farming systems are more labor-intensive than current agroindustrial farming practices and are therefore capable of creating much employment, provided that aid given to farmers is given to those committed to implementing these systems, instead of encouraging irresponsible expansion of over-large farms. These labor-intensive systems are of particular interest in the context of chronic unemployment, where the opportunity cost of the workforce is almost zero for the entire community.¹⁰ Products and by-products can be transformed on the farm itself or nearby and particular attention can be paid to methods of avoiding post-harvest or post-slaughter losses.

The question is then to decide which criteria should be used when designing agronomic studies and how they should be implemented. Agronomy engineers should focus more on the multiple interactions between biochemical processes within an agroecosystem. Instead of endlessly developing so-called “improvements” in research stations, agronomy engineers

¹⁰ Agriculture is one activity where domestic market prices least reflect the opportunity costs of resources that are unable to be traded internationally (workforce, land, groundwater, etc.).

should analyze the performance of real farm ecosystems and explain the impact that these different techniques would have on crop yields and herd performance. They should also develop predictive models to forecast the effects that implementing new practices would have on an ecosystem and the sustainability of their productivity potential. For increased sustainability, agricultural development is in definite need of research that is more grassroots-oriented and more respectful of the innovations of small farmers (IAASTD 2009).

Agronomists and livestock specialists should give greater consideration to the socioeconomic conditions in which different kinds of farmers operate, learning to recognize their interests and identifying how to best serve these interests. The challenge is to do everything possible so that researchers specializing in genetics, soil sciences, animal nutrition, crop defense and protection also have a global and long-term vision of the conditions facing farmers who are exposed to competition from international markets and the consequences of this competition to revenues and to future agroecosystems.

Work carried out in the field of agroecology should seek to establish close links between core research looking at the interaction between biochemical cycles in an agroecosystem and the real life innovations and experiments carried out by farmers themselves (Warner 2007). The work a farmer carries out on a plot of land, a plant or a herd should no longer be considered in isolation, but as a complex agroecosystem whose creation very often entails collaboration between various economic agents involving land areas that frequently overlap: plots, village boundaries, watersheds, regions, etc.

Often, it is the people running a family farm who stand to gain the most from diversifying and staggering their activity throughout the year to better manage the use of their own workforce, avoiding peaks of excessive labor and periods of underemployment. Doing this almost always goes hand in hand with the implementation of farming systems that combine mixed farming with livestock farming, diversified crop rotation, on-farm reuse of crop residue and animal effluent, creation of manure or compost and organic fertilization of the soil.

V. Promoting socioeconomic conditions favorable to family farms

Family farming activity is often deeply rooted in a region. Unlike large estate managers, small farmers regularly pour their lives into their farms and are quite familiar with the particularities of each of their plots and herds. They are directly responsible for their actions, and continuously strive to adapt to the evolving conditions of their ecological and economic environment. These farmers generally demonstrate subtle knowledge of their land based on a long accumulation of know-how. They are concerned with passing on a successful farm to their children and are careful not to harm the farm's productivity potential for their heirs.

The fact that small farmers are often able to invent farming systems that meet with the requirements of sustainable development does not mean that their socioeconomic situation always allows for this. In striving to increase agricultural productivity that respects the environment's ecological potential, farmers are faced with socioeconomic obstacles more

often than technical ones. These obstacles usually result from limited access to financial resources, conditions imposed by upstream and downstream companies, biased agrarian structures, inadequate property legislation and unfair conditions which breed competition between farmers on world markets for farm and food products.

The economic and social conditions in which farmers operate are in fact extremely diverse. It would be absurd to go on thinking that it is possible to develop standard techniques for small farmers without truly knowing their constraints and specific interests. No technique can be considered “the best” in absolute terms without reference to the particular agroecological and socioeconomic conditions in which various categories of farmers have to work. For example, must “improving” yield always imply a systematic increase, regardless of the cost?

The efficiency of farming systems cannot be measured without considering unforeseen conditions which may impact yields or prices, a possible dependence on moneylenders, or the vulnerability of property holdings. The welfare of poor farmers working in insecure conditions rarely depends upon maximizing their per-hectare profit expectations or their revenue per workday. What such farmers need, rather, is to produce a large part of their food for themselves, creating a permanent source of income, lessening the impact of a bad harvest and reducing the need for financial aid from banks or moneylenders.

The poorest farmers in the world also often lack access to the means of production which would allow them to further combine livestock farming with crop farming allowing them to reuse their crop residue more efficiently, making manure and using organic fertilization for their plots. These farmers are also in desperate need of the equipment necessary for handling and transporting straw, fodder, manure and compost (Mazoyer *et al.* 1997) such as rakes, pitchforks, carts, animal-drawn plows and pack animals. There is an urgent need to give poor farmers access to these animals and tools, but to do this also requires the urgent resolution of issues related to the unequal distribution of resources like farmland, equipment, or circulating capital, and the staggering inadequacy of farming revenue.

Implementing techniques drawn from agroecology also implies that small farmers be able to benefit from greater property holding security, meaning that they are able to reap the fruits of their labor over the long term. Property holding security goes against current land-grabbing trends but can be guaranteed in various ways without necessarily involving private appropriation, which is often the way most poor farmers are deprived of access to land. These land-monopoly tactics are telling, both of the panic felt by certain States concerned with guaranteeing their food supplies as well as with the ever-present belief in the “superiority” of large estate farms. However, food security could be better guaranteed by granting sales contracts to small farmers and reasoning in terms of opportunity cost of the family workforce instead of relying upon the increasing expansion of extremely large agribusiness companies driven by a maximization of profits and a reduction of labor costs.

VI. Conclusion

In most countries, family farms are the most capable of implementing farming systems based on agroecology and meeting the requirements of sustainable development. From an ecological point of view, it seems that family farms are better able to develop farming techniques which are both more productive and more respectful of the environment because they are less influenced by concerns of economies of scale and cutting labor costs.

Unlike big landowners who do not work directly on their farms, pumping them instead with capital in order to maximize profits as with any other investment, peasant farmers invest their family labor-force and savings into their farms to make a better living for themselves, when comparing the opportunity cost of their farming revenue versus potential income from other sources. Small or medium-scale farming therefore seems to be the best method of solving the problems of unemployment and rural migration. A farmer on a family farm would never rashly replace his or her family workers with machines, and would not seek to industrialize the family farm, unless family members were able to find better-paid employment opportunities elsewhere.

In this sense, agroecology encourages a reanalysis of the very notion of labor productivity which, too often considered from the point of view of private interests without taking into account the cost to society, has long legitimized an agroindustrial, large-estate vision of farming. Agroecology leads to greater social sustainability and generates more employment in the countryside than cities could ever offer, thus allowing rural migration to be more controlled. The children of farmers rarely decline to carry on the family farm unless they hope to find a better-paying or less-demanding job elsewhere – a hope which chronic urban unemployment can surely diminish.

The growing interest in family-scale farming which uses agroecology techniques is not based on an attachment to the past. On the contrary, this vision springs from the need to ensure the full use and sustainability of the world's food systems. Implementing true agrarian reform destined to promote the development of this type of family-scale, sustainable farming therefore remains a major necessity in many countries.

Bibliographical References

- Altieri A. M. *L'agroécologie. Bases scientifiques d'une agriculture alternative* [Scientific foundations for alternative agriculture]. Paris : Editions Debard, 1986.
- Dufumier, M. *Agricultures et paysanneries des tiers mondes* [Farming and peasantry in the Third World]. Paris: Editions Karthala, 2004.
- Dufumier, M. "Sécurité alimentaire et développement durable. Repenser l'agronomie et les échanges internationaux." [Reconciling food security and sustainable development. Rethinking Agronomy and International Trade]. *Futuribles* 352 (May 2009): 25-42.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. "La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture." [The State of Food and Agriculture] (2010)

- Griffon, M. *Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte* [Feeding our Planet: For a Doubly Green Revolution]. Edition Odile Jacob, 2006.
- INRA and CIRAD. "Agricultures et alimentations du monde en 2050: scénarios et défis pour un développement durable" [Agriculture and Food in 2050 : Predictions and Challenges for Sustainable Development]. *Agrimonde*® (2009).
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). "Agriculture at a crossroads." Washington DC: UNDP, 2009.
www.agassessment.org/reports/IAASTD/En
- Mazoyer, M. and Roudart, L. *Histoire des agricultures du monde* [History of Agriculture in the World]. Paris: Editions du Seuil, 1997.
- Msangi, Siwa. *Biofuels, food prices and food security*. Expert meeting on global food security (February 2008) IFPRI, Rome.
- Pengue, W. A. "Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt." *Bulletin of Technology and Society* 25 (2005).
- Picone, C. and Van Tassel, D. "Agriculture and biodiversity loss: Industrial agriculture." *Life on earth: An encyclopaedia of biodiversity, ecology and evolution* (2002) Santa Barbara California: Niles Eldredge ed.
- Tournebize, J. et al. "Quantification et maîtrise des flux de nitrates : de la parcelle drainée au bassin versant [Measuring and Controlling the Nitrate Cycle from Plot to Watershed]. *Ingénieries, Eau, agriculture, territoires*. Numéro spécial sur Azote, phosphore et pesticides. Paris, 2007.
- Warner, K.D. *Agroecology in action: Extending alternative agriculture through social networks*. Massachusetts: MIT, Cambridge, 2007.